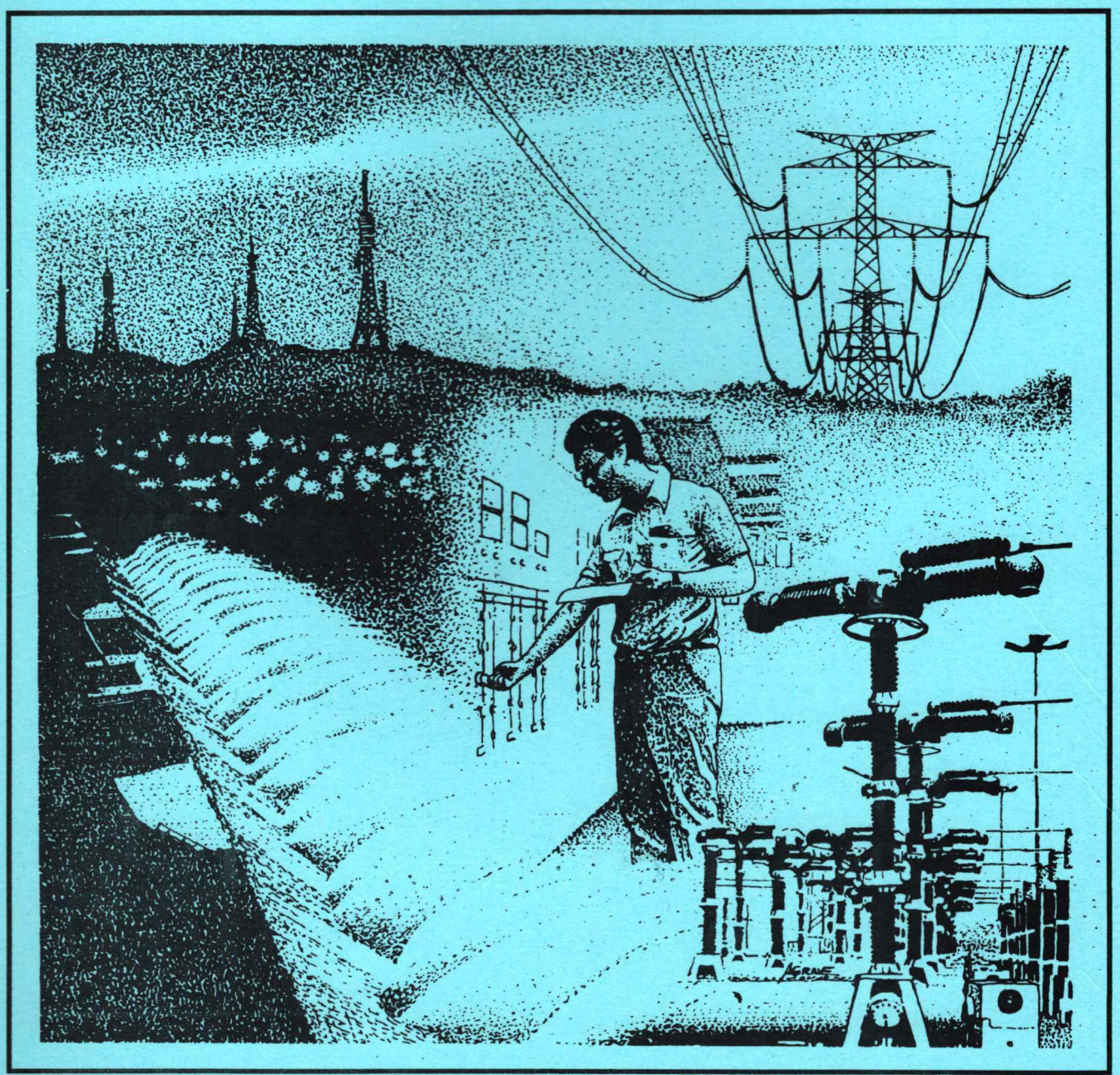
RECIERRE AUTOMATICO

V CURSO INTERNACIONAL DE TREINAMENTO EM PROTEÇÃO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO



JFY 1998

SÉRIE DE TREINAMENTO,

PROGRAMA DE TREINAMENTO
PARA TERCEIROS PAÍSES - TCTP

Apostila

Religamento Automático

Marivaldo Torres
Haraldo R. Carpinetti

Revista e Atualizada

Acordo
JICA/CESP

Ilha Solteira
1998

1. INTRODUÇÃO

Linhas aéreas em alta tensão ou alimentadores primários de distribuição, são os componentes do sistema elétrico que apresentam maior vulnerabilidade a ocorrências que provocam curtos-circuitos, com o conseqüente desligamento forçado desses componentes, através da atuação das proteções e abertura dos respectivos disjuntores.

A maior parte dessas ocorrências está associada a defeitos de natureza fugitiva, isto é, defeitos que se extinguem ao desligar-se o componente, permitindo que o mesmo seja religado sem problemas logo após o desligamento inicial, restabelecendo-se a continuidade do sistema elétrico.

O mencionado restabelecimento pode ser feito de duas maneiras :

- através de comando manual executado pelo operador, ou
- através de dispositivos automáticos que não necessitam de intervenção humana para execução do restabelecimento.

O conjunto de reles, dispositivos e circuitos especiais que possibilitam o automatismo é denominado " Esquema de Religamento Automático ".A maior diferença entre o restabelecimento manual e o automático é o tempo de indisponibilidade do componente. Enquanto no religamento manual o tempo mínimo envolvido é de cerca de 1 minuto, o religamento automático permite intervalos de tempo menores que 1 segundo.

2. NECESSIDADE DO RELIGAMENTO AUTOMÁTICO

Defeitos internos ao componente e de natureza fugitiva tem uma frequência de ocorrência suficientemente elevada para justificar a implantação de esquemas de religamento automático. Para as linhas de transmissão CESP esse índice chega a 85% dos desligamentos forçados, e para os alimentadores de distribuição é da ordem de 90%.

O exemplo mais comum de ocorrência causadora de curto-circuito de natureza fugitiva é a descarga atmosférica. Este fenômeno natural, bastante frequente em linhas aéreas, é considerado inclusive como parâmetro de projeto de linhas de transmissão, sendo esperada uma determinada frequência de desligamentos devido a esta causa, tendo em vista o custo proibitivo de uma LT aérea projetada para que não houvesse desligamentos por descarga atmosférica.

3. VANTAGENS DO RELIGAMENTO AUTOMÁTICO

Com o alto investimento requerido para a construção e operação dos sistemas de transmissão, o religamento automático através da redução do tempo de indisponibilidade do componente após um desligamento forçado, é reconhecidamente um dos métodos mais econômicos de:

- aumentar a qualidade do serviço no fornecimento de energia;
- reduzir o alcance de grandes perturbações, minimizando o risco de black-outs;
- otimizar o processo de transporte de energia pelas linhas de transmissão, evitando eventual perda de sincronismo após os desligamentos forçados.

4. FATORES QUE DEFINEM O ESQUEMA DE RELIGAMENTO A SER UTILIZADO

A escolha do esquema de religamento automático para aplicação em alimentadores de distribuição ou linhas de transmissão de AT e EAT depende de diversos fatores, desde a definição dos tempos envolvidos, até a opção por esquemas com uma única ou múltiplas tentativas de religamento.

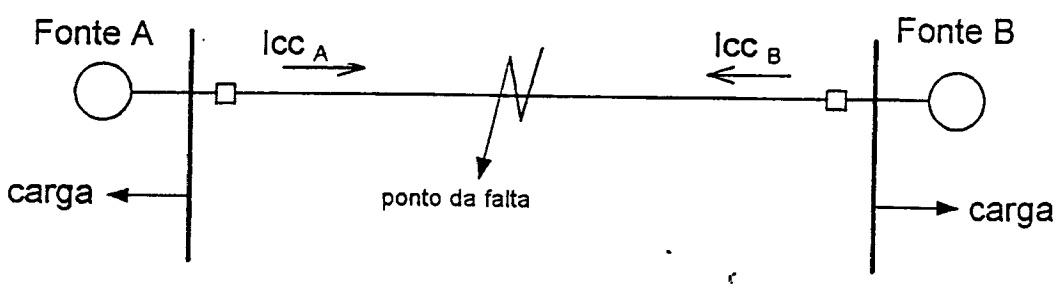
Essas decisões são influênciadas pela filosofia de proteção utilizada, tipo de disjuntor , além das particularidades do sistema elétrico, relativamente à problemas de estabilidade e características das cargas supridas pelo alimentador ou LT. Os critérios adotados para as redes de distribuição em média tensão, e linhas de distribuição AT e EAT, serão discutidos separadamente devido aos diferentes aspectos que apresentam.

4.1 Religamento automático em linhas de AT e EAT (88, 138, 230 e 460 KV)

4.1.1 - Aspectos gerais

Principalmente nas linhas de 88 e 138 KV onde existem SE's abaixadoras em derivação suprindo consumidores industriais ou o sistema de distribuição, o religamento automático permite um elevado ganho com relação à continuidade e confiabilidade do fornecimento de energia.

Na aplicação do religamento automático em linhas de transmissão, a consideração mais importante é a manutenção da estabilidade e do sincronismo, os quais dependem principalmente das características próprias do sistema em análise. Como este é um assunto complexo envolvendo vários fatores, o modelo abaixo, constituido de duas fontes geradoras interligadas por uma linha de circuito simples, com suprimento de carga em ambos terminais, permitirá uma melhor visualização das razões para escolha entre as diferentes filosofias de religamento automático.



Na ocorrência de um curto-circuito em qualquer ponto dessa LT, os seguintes aspectos tornam-se evidentes:

a) Ao se abrir a linha para isolação do defeito, as duas fontes geradoras oscilarão entre si. Em um terminal as máquinas tenderão a acelerar devido à perda de carga, e no outro elas perderão velocidade. Essa situação causa um deslocamento entre o ângulo de potência das fontes geradoras podendo levar o sistema à instabilidade. Dessa forma, para que se posa preservar o sincronismo, o religamento deve ser efetuado o mais rápido possível de modo a evitar o aumento da defasagem angular.

b) A grande maioria das faltas em linhas de transmissão são monofásicas à terra. Esse tipo de falta é menos severa para a estabilidade do sistema porque parte da potência sincronizante ainda pode ser transmitida pelas fases não afetadas durante a condição de defeito, podendo ser feita abertura mono ou tripolar do disjuntor para eliminação da falta.
Se apenas uma fase é aberta (abertura e religamento monopolar), o sistema permanece conectado pelas fases boas, observando-se uma melhor margem de estabilidade. Contudo um ponto a ser considerado neste modo de abertura e religamento, é que é necessário uma temporização mais elevada para desionização do arco, devido ao acoplamento capacitivo entre as fases boas e a fase em falta.

c) A pior condição de defeito na linha é uma falta trifásica, uma vez que nessa condição de defeito nenhuma potência pode ser transferida . Assim sendo a utilização de religamento automático para faltas trifásicas deve ser bem avaliado para cada situação.

d) No caso de sistemas fortemente interconectados, pode-se utilizar religamentos temporizados, de forma que a tentativa de religamento seja feita considerando a estabilização do sistema após a eliminação da falta. Nesse caso pode-se utilizar tempos entre 5 e 30 seg. após a abertura da linha, sempre levando-se em conta as suas características quanto a localização no sistema.

A partir dos principais pontos aqui levantados pode-se observar que o processo de abertura e religamento dos disjuntores pode ser trifásico para qualquer tipo de defeito, ou ainda monopolar para faltas fase-terra. Alternativamente, pode-se usar religamento trifásico temporizado para qualquer tipo de defeito.
Entretanto, deve-se buscar durante os estudos para definição da filosofia de religamento a adoção de esquemas simples de forma a minimizar os custos de implantação e manutenção, mantendo-se o desempenho e sobretudo a confiabilidade.

4.1.2 - Características dos esquemas de religamento

Os esquemas de religamento rápido devem ser feitos com o mínimo possível de verificações, usualmente é verificada apenas a existência de tensão na linha e de estado do disjuntor.
Em algumas linhas deve ser prevista a verificação de sincronismo no segundo terminal da LT a ser religado, sendo que os esquemas podem ser dotados de facilidades para diferentes condições de operação :

- Barra viva/linha morta → a linha é energizada sem verificação de sincronismo.
- Barra viva / linha viva → o religamento depende da verificação de sincronismo.

A operação do relé de check de sincronismo é dependente das tensões da barra e da linha, do escorregamento de frequência e da defasagem angular entre elas. Somente após o atendimento desses critérios é permitida a conexão entre as partes do sistema.

4.1.3 - Bloqueio do religamento

O religamento automático não deve ser permitido para algumas condições de defeito nas linhas ou equipamentos e outros componentes a elas associados. Além disso, devem ser previstas as operações incorretas dos disjuntores e sistemas de proteção, que poderiam levar o esquema de religamento a uma atuação sem sucesso.

Segue abaixo algumas condições onde o esquema de religamento deve ser bloqueado:

- atuação da proteção de distância em tempo de 2ª ou 3ª zonas.
- comando manual de fechamento do disjuntor, seguido de atuação das proteções.
- baixa pressão ou mola descarregada do disjuntor.
- atuação das proteções de reatores shunt.
- atuação da proteção diferencial de barra.
- atuação da proteção contra falha de disjuntor.

4.1.4 - Requisitos do sistema de proteção

Para viabilizar a implantação de esquema de religamento automático, os sistemas utilizados para a proteção de linhas de transmissão devem possuir possuir baixo tempo de operação, cobrindo 100% do comprimento destas para qualquer tipo de defeito.

Para atendimento deste requisito podem ser utilizados esquemas de proteção por fio piloto ou esquemas de teleproteção nas várias filosofias existentes tais como : sub ou sobrealcance permissivo, aceleração de zona etc. Isto é necessário para que haja abertura simultânea de ambos os terminais da linha, evitando assim o religamento de uma das extremidades sem que a outra tenha aberto, com consequente reignição do arco.

Alternativamente pode-se utilizar em linhas de AT (até 138 KV) esquemas de proteção por relés de distância sem teleproteção. Neste caso o religamento automático deve ser permitido para operação da proteção em tempo de 2ª zona, o que implica em um aumento da temporização, a qual deverá ser definida através de estudos de estabilidade, e que geralmente fica em torno de 1 seg.

4.1.5 - Religamento mono ou tripolar : aspectos comparativos

Quando o religamento tripolar é aplicado em circuitos simples interligando duas fontes geradoras, a abertura das três fases causa um imediato deslocamento do ângulo de potência entre as fontes, e nenhum intercâmbio de potência sincronizante ocorre durante o tempo morto. Se por outro lado, somente a fase em falta é aberta durante defeitos monofásicos, a potência sincronizante ainda pode ser transferida pelas fases não afetadas.

Para o religamento monopolar, cada fase do disjuntor deve ser independente e provida de seus próprios mecanismos de abertura e fechamento. Esses circuitos são portanto mais complexos e, exceto em esquemas que usam relés de distância é necessário incorporar ao esquema de proteção relés de seleção de fase, de tal forma que na ocorrência de faltas bi ou trifásicas haja abertura tripolar do disjuntor com bloqueio do religamento.

A vantagem do religamento monopolar, é a manutenção da transmissão de potência através das fases boas com consequente manutenção do sincronismo, e a principal desvantagem é o maior tempo de desionização de arco resultante do acoplamento capacitivo entre as fases boas e a fase em falta, podendo também causar interferência em circuitos de comunicação.

4.1.6 - Temporização e número de religamentos

Nos esquemas de religamento de linhas de AT e EAT, é prática usual a adoção de uma única tentativa de religamento rápido, após o qual é iniciado o tempo de guarda, dentro do qual qualquer nova atuação das proteções provocará o bloqueio do religamento. (5")

A definição dos ajustes das temporizações envolvidas, resultam de estudos levados a efeito para cada aplicação, e posteriormente da análise e acompanhamento do desempenho através de oscilogramas e dados estatísticos das perturbações. A figura no anexo 1 mostra o ciclo de operação típico de um esquema de religamento automático para condições de faltas transitórias e permanentes, bem como a terminologia utilizada para as temporizações inerentes ao esquema de religamento.

4.1.7 - Tempo de desionização da falta

Quando usamos o religamento rápido, é importante conhecer o tempo durante o qual a linha deve permanecer desenergizada de modo a permitir a completa desionização do arco, evitando assim o reaparecimento da falta quando do religamento.

O tempo de desionização de um arco não controlado ao ar livre, depende da tensão do circuito, espaçamento entre condutores, velocidade do vento, valor de corrente e duração da falta, etc. Entre esses fatores, o de maior influência é o nível de tensão do circuito, e com base em resultados de estudos e experiências práticas, o tempo de extinção de arco para religamento tripolar pode ser razoavelmente determinado pela seguinte expressão:

$$t = 10{,}5 + \frac{KV}{34{,}5} \quad \text{(ciclos)}$$

Abaixo são apresentados alguns valores típicos:

Nível de Tensão (KV)	Tempo Mínimo de Extinção (seg.)
69	0,20
110	0,22
138	0,24
230	0,28
440	0,39

Caso se utilize a abertura e religamento monopolares, especialmente em linhas longas, a fase em falta deve permanecer aberta por um intervalo de tempo maior de forma a se obter igual probabilidade de sucesso do religamento, dado que o acoplamento entre as fases boas e a em defeito tende a manter o arco por um tempo maior.

4.2 - Religamento Automático em linhas de média tensão (11,5 a 34,5 KV)

4.2.1 - Aspectos gerais

Nas redes de distribuição de média tensão, constituidas principalmente de circuitos radiais, a principal vantagem da aplicação do religamento automático está relacionada à minimização da interrupção de fornecimento aos consumidores.

Visto que cerca de 90% das faltas em alimentadores aéreos são fugitivas, os ganhos decorrentes da introdução do religamento automático são evidentes, principalmente no caso de subestações desassistidas onde se reduz substancialmente o deslocamento de pessoal para o fechamento manual de disjuntores após uma falta.

4.2.2 - Fatores que influenciam o esquema de religamento

a) Estabilidade e sincronismo

Como dito anteriormente, os problemas de estabilidade e sincronismo não são encontrados em sistemas radiais, contudo existem casos particulares onde os mesmos devem ser considerados. Exemplo típico é a alimentação de consumidores industriais que possuem geração própria em paralelo com o sistema da concessionária.

Nesse caso, para que haja religamento automático após uma falta no alimentador de interligação, é essencial o uso de proteções e disjuntores com reduzido tempo de operação. Além disso deverão ser feitos estudos para avaliação dos esforços mecânicos causados a essas fontes geradoras quando do religamento automático, em alguns casos pode ser necessário o uso de relés de check de sincronismo de forma a evitar o religamento em uma condição indesejável.

b) Tempo morto

Um ponto a ser considerado com relação ao tempo morto é o seu efeito nos diferentes tipos de carga, como é o caso de grandes motores síncronos ou de indução em consumidores industriais. O tempo de interrupção de energia que um motor pode suportar é geralmente pequeno, e depende da inércia do motor e da carga conectada ao seu eixo. Na prática é desejável que o motor seja desconectado da fonte de alimentação na ocorrência de um defeito, sendo que o tempo morto do religamento deve ser suficiente para operação da proteção de subtensão ou subfrequência associados ao motor.

Um tempo morto entre 0,3 a 0,5 seg. pode ser utilizado nesses casos, entretanto, para maior segurança é conveniente o conhecimento dos mecanismos de contrôle e condições de carga dos motores, levando-se em conta inclusive, no caso de motores síncronos, que uma tensão é induzida em seus terminais durante um curto espaço de tempo após a perda da fonte de alimentação. Se a fonte de alimentação for religada nesse período, existe o perigo da ocorrência de diferenças angulares que podem resultar em danos mecânicos ao mesmo.

c) Tempo de guarda

O tempo de guarda deve ser longo o suficiente para permitir a operação das proteções quando o disjuntor é religado sobre um defeito permanente. A forma de proteção mais comum em alimentadores de distribuição é por relés de sobrecorrente de tempo inverso de fase e neutro, cujos tempos máximos de operação para baixos valores de corrente de curto é em torno de 10 seg., enquanto que para faltas mais severas é de 0,3 seg. ou instantâneo; no caso de proteção de sobrecorrente de tempo definido são comuns ajustes de 3,0 seg. ou menos. Assim sendo, um tempo de guarda de 30,0 seg. é usualmente adotado nos esquemas de religamento.

d) Número de tentativas de religamento

Não existem regras fixas que definam o número de tentativas para uma aplicação particular, porém alguns fatores devm ser observados:

- Limitações do disjuntor: um item importante a ser considerado é o ciclo de operação do disjuntor, de modo que o mesmo possa realizar as operações de abertura e fechamento em um curto espaço de tempo, e o efeito dessas operações na periodicidade da manutenção do mesmo, visto que esta é função do número de operações e da corrente de defeito interrompida.

- Condições do sistema: o atendimento a condições peculiares à rede em análise, é um fator importante na escolha do número de tentativas. Por exemplo em alimentadores que atravessam zonas rurais, sujeitas a constantes queimadas e descargas atmosféricas, é justificável a utilização de multiplas tentativas, sendo a 1ª instantânea e as demais temporizadas. Alimentadores que atravessam zonas urbanas devem ter apenas uma tentativa de religamento face aos evidentes riscos decorrentes de tentativas de religamento sobre defeitos permanentes.

4.2.3 - Religamento em LT's 69 kV da CESP

Tendo em vista que o sistema de transmissão em 69 kV utilizado na CESP, é em quase sua totalidade radial e voltado para o suprimento a subestações abaixadoras, os critérios para a aplicação do religamento automático são os mesmos adotados para alimentadores de distribuição, com duas tentativas de religamento.

5. ESQUEMAS DE RELIGAMENTO AUTOMÁTICO UTILIZADOS NA CESP

Nos ítens a seguir serão apresentadas as filosofias de religamento automático utilizadas nas linhas de 138, 230 e 440 KV do sistema CESP. Para o sistema de 440 KV, por se tratar do principal elo de ligação entre as grandes fontes geradoras e os pontos de suprimento às concessionárias, será dado um tratamento mais detalhado quanto aos aspectos de concepção, implantação e desempenho.

5.1 Sistema de 138 KV

5.1.1 - Considerações iniciais

O desenvolvimento do esquema baseou-se nas seguintes premissas:

- o religamento automático será tripolar para qualquer tipo de falta e deverá ocorrer somente após a abertura da LT nas duas extremidades.

- deve-se garantir um tempo mínimo ajustável para extinção do arco após a abertura da LT em ambas extremidades, levando-se em conta eventuais atrasos na atuação da proteção.

- utilização de check de sincronismo e/ou tensão em função das características peculiares à LT.

- bloqueio do religamento automático para as seguintes condições :

- atuação das proteções em tempo igual ou maior ao de 2ª zona.(LT's com teleproteção)
- atuação das proteções em tempo igual ou maior ao de 3ª zona. (LT's sem teleproteção)
- baixa pressão ou mola de disjuntor descarregada.
- comando manual de abertura ou fechamento do disjuntor.
- nova atuação das proteções dentro do tempo de guarda.

5.1.2 - Descrição do esquema

O sistema de proteção para a grande maioria das LT's de 138 KV da CESP é composto de um relé de distância para qualquer tipo de defeito (proteção principal), um relé de sobrecorrente direcional de neutro (proteção de retaguarda), e a filosofia de teleproteção empregada é a transferência de trip com subalcance permissivo (PUTT).

O relé de religamento a ser utilizado no esquema deve ser tripolar, ter entradas para bloqueio externo e possuir ajustes para temporização da ordem de religamento e tempo de guarda.

O ciclo de religamento tem inicio quando da atuação da proteção de distância ou rcepção de sinal carrier mais partida da proteção. A temporização para extinção do arco é realizada no próprio relé de religamento, e dependendo da necessidade do sistema o comando de religar o disjuntor somente será executado após a permissão do relé de check de sincronismo.

Quanto ao tempo morto necessário para LT's de 138 KV, a prática tem mostrado religamentos com sucesso com valores mínimos de 10 ciclos (0,16 seg.). Em geral os tempos utilizados estão em torno de 24 ciclos (0,4 seg.) para o tempo de extinção e em torno de 20 seg. para o tempo de guarda.

5.2 - Sistema de 230 KV

5.2.1 - Premissas básicas

- O religamento deverá ser monopolar somente para faltas monofásicas.

- Bloqueio do religamento automático para as seguintes condições:

  - faltas bi ou trifásicas envolvendo ou não a terra.
  - desligamento do disjuntor com tempo igual ou maior ao de 2ª zona.
  - abertura do disjuntor através de comando manual ou da proteção de retaguarda.
  - comando manual de fechamento do disjuntor
  - baixa pressão ou mola descarregada de disjuntor.

- O religamento monopolar será efetuado sem qualquer verificação. Após a abertura do disjuntor, e decorrido o tempo ajustado, contado a partir da abertura, o relé de religamento comandará o fechamento da respectiva fase.
- O esquema deverá prover que após um comando de religamento automático,e dentro do tempo de guarda ajustado, qualquer novo trip da proteção seja tripolar e definitivo.
- Se o relé de religamento estiver bloqueado, o trip para qualquer tipo de falta deverá ser sempre tripolar.

5.2.2 - Descrição do esquema

a) O sistema de proteção para LT's de 230 KV é composto de relés de distância trifásicos com elementos de partida para qualquer tipo de defeito como proteção principal, e relés de sobrecorrente de fase e neutro como proteção de retaguarda, sendo a filosofia de teleproteção identica à utilizada no sistema de 138 KV. Uma exigência adicional para os relés de distância é a confiabilidade quanto à correta seleção de fase para o desligamento e excitação do esquema de religamento.

O tempo morto adotado no religamento de LT's de 230 KV é de ordem de 36 ciclos (0,6 seg.).

b) Para algumas LT's de230 KV, onde os disjuntores possuem apenas mecanismo para abertura tripolar, é utilizado um esquema de religamento tripolar identico ao empregado em LT's de 138KV.

5.3 - Sistema de 440 KV

5.3.1 - Premissas

O desenvolvimento do esquema de religamento automático para LT's de 440 KV baseou-se nas seguintes premissas:

- O religamento deverá ser tripolar apenas para faltas monofásicas, e deverá ocorrer somente após a abertura da LT nas duas extremidades.

- Deve-se garantir um tempo mínimo para a extinção de arco após a abertura da LT nas duas extremidades, sendo que o religamento automático da primeira extremidade (lado fonte) será feito sem verificação de sincronismo, seguido do religamento da segunda extremidade (lado carga) com verificação de sincronismo.

- O religamento deverá ser bloqueado para as seguintes condições:

- faltas bifásicas ou trifásicas envolvendo ou não a terra.
- operação das proteções com tempo maior ou igual ao de 2ª zona.
- atuação das proteções do reator associado a LT, diferencial de barra, sobretensão, falha de disjuntor, discordância de polos.
- baixa pressão de ar no disjuntor.
- comando manual de fechamento do disjuntor.

5.3.2 - Considerações relativas à filosofia

- O tempo de extinção de arco para linhas de 440 KV, deve ser no mínimo 0,4 seg.,sendo que a CESP adotou para seus esquemas o tempo de 0,5 seg.

- Deverá ocorrer apenas uma tentativa de religamento tripolar, seguido de um tempo de guarda de aproximadamente 30 seg. Qualquer desligamento que ocorra dentro desse período resultará em bloqueio do religamento.

- O bloqueio do religamento para faltas bifásicas e trifásicas é feito considerando-se que a probabilidade de que as mesmas sejam decorrentes de defitos permanentes é muito grande.

- A não adoção de religamento monopolar em linhas de circuito duplo, deve-se principalmente ao efeito do acoplamento das fase não afetadas e do outro circuito com a fase em falta, que tende a sustentar correntes no caminho do arco original, e o consequente aumento do tempo de extinção de arco. A CESP optou pelo uso do religamento tripolar também para linhas de circuito simples, considerando-se as facilidades de sua implementação em termos de impacto às instalações.

5.3.3 - Princípio de funcionamento

a) Aspectos gerais

A figura 1 mostra a estrutura básica do esquema de religamento.

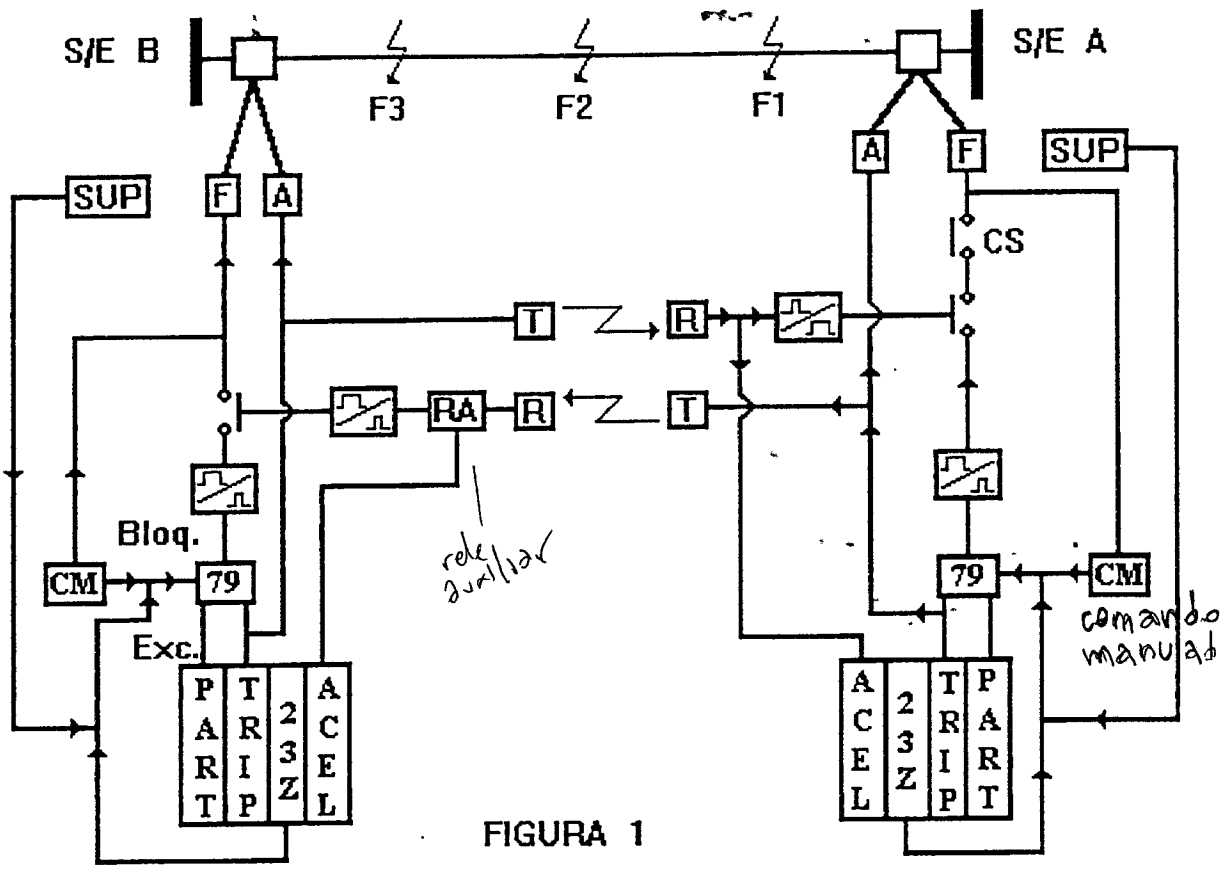


FIGURA 1

Para cada terminal de linha são previstos:

- dois relés de distância (principal e retaguarda), operando em conjunto com equipamentos de teleproteção no esquema de aceleração de zona, cada qual usando um canal independente.
- um ou dois relés de religamento, dependendo do arranjo da S/E.
- um ou dois relés de check de sincronismo nos terminais seguidores.
- um conjunto de relés auxiliares e temporizadores.

b) Principio de operação do esquema

- Lógica de desligamento:

⇒ Defeito no ponto F1 (fig. 1)

Para uma falta situada na 1ª zona da proteção da extremidade A, e na 2ª zona da extremidade B, a proteção de A operará instantaneamente desligando o disjuntor independente do esquema de teleproteção, havendo transmissão de sinal de A para B. Os elementos de

partida em B deverão detectar a falta, e quando da recepção de sinal, comutarão os elementos de medida para 2ª zona provocando o desligamento do disjuntor também em tempo de 1ª zona.

→ Defeito no ponto F3

Ocorrerá o mesmo acima, com transferência de sinal de B para A.

→ Defeito no ponto F2

Para esse ponto, localizado na 1ª zona de ambas extremidades da LT, haverá a abertura dos disjuntores independentemente da teleproteção.

- Lógica de religamento:

O ciclo de religamento terá inicio quando da partida das proteções de cada terminal. Esse sinal de partida enviado ao relé de religamento, servirá como origem do tempo quando de atraso do trip das proteções, bloqueando o religamento após 0,3 seg., caso não haja a abertura dos disjuntores.

Em condições normais, os relés de religamento de ambos terminais são excitados simultâneamente com o trip da proteção, podendo eventualmente haver um atraso de 8mseg., que é o tempo típico de transmissão.

Os temporizadores mostrados na fig. 1, tem a finalidade de manter a recpção de sinal da outra extremidade da LT por um tempo ajustável, de modo que o religamento só seja possível após a confirmação da eliminação do defeito pela abertura da LT nas duas extremidades.

Uma vez atendidas todas as condições para efetivação do religamento automático, o pulso de religamento é enviado 0,5 seg. após a abertura do respectivo disjuntor. Inicialmente é religado o disjuntor do terminal líder (fonte), e posteriormente o do segundo terminal após permissão do relé de check de sincronismo. Uma vez fechados os disjuntores inicia-se a contagem do tempo de guarda de 30 seg., ao término do qual é concluído o ciclo de religamento

5.3.4 - Implantação do esquema

Para implantação do esquema de religamento conforme a filosofia definida anteriormente, houve a necessidade de compatibilizá-la à configuração das S/E´s envolvidas, que possuiam configurações de barra dupla com disjuntor e meio, e barra dupla com disjuntor simples.

A seguir são mostradas as características assumidas pelo esquema de religamento em cada um desse arranjos.

5.3.4.1 - Subestação com configuração "disjuntor e meio"

Nas subestações 440 KV com configuração disjuntor e meio, existem 5 possibilidades de bays conjugados (linha-linha, linha-trafo, trafo-trafo, linha-gerador e gerador-trafo), conforme fig. 2. Como não existe o religamento automático para geradores e transformadores, as configurações em termos de religamento automático reduzem-se a 3 (linha-linha, linha-trafo e linha-gerador).

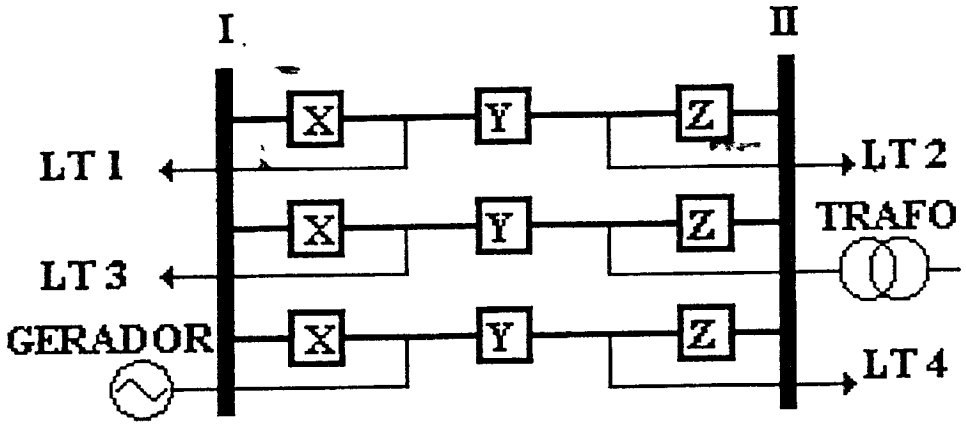


FIGURA 2

- Critérios de religamento de disjuntores

⇒ Bay conjugado linha-linha

Nesta configuração (LT's 1 e 2 da fig. 2) a seleção dos disjuntores a serem religados é feita através de uma chave comutadora de três posições:

pos. 1: religamento apenas do disjuntor lateral (X ou Z)
pos. 2: religamento apenas do disjuntor central (Y)
pos. 3: religamento do disjuntor lateral (X ou Z), e também do central (Y)

⇒ Bay conjugado linha-trafo

Nesta condição, há religamento do disjuntor lateral X, correspondente ao bay da LT3 (fig. 2) e do disjuntor central, não havendo religamento automático do disjuntor lateral Z. Quando de defeito ou impedimento operativo do transformador, o religamento do disjuntor central (Y) deverá ser bloqueado.

⇒ Bay conjugado linha-gerador

Nesta configuração, a linha é sempre um terminal líder e há religamento apenas para o disjuntor lateral Z correspondente ao bay de linha. O disjuntor lateral do lado do gerador (X) não possui religamento, e o disjuntor central (Y) não deve ser religado automáticamente para segurança do gerador.

a) Subestações com um relé de religamento por disjuntor

A figura 3, a seguir, ilustra o princípio de funcionamento para uma SE com configuração 'disjuntor e meio', com um relé de religamento por disjuntor.

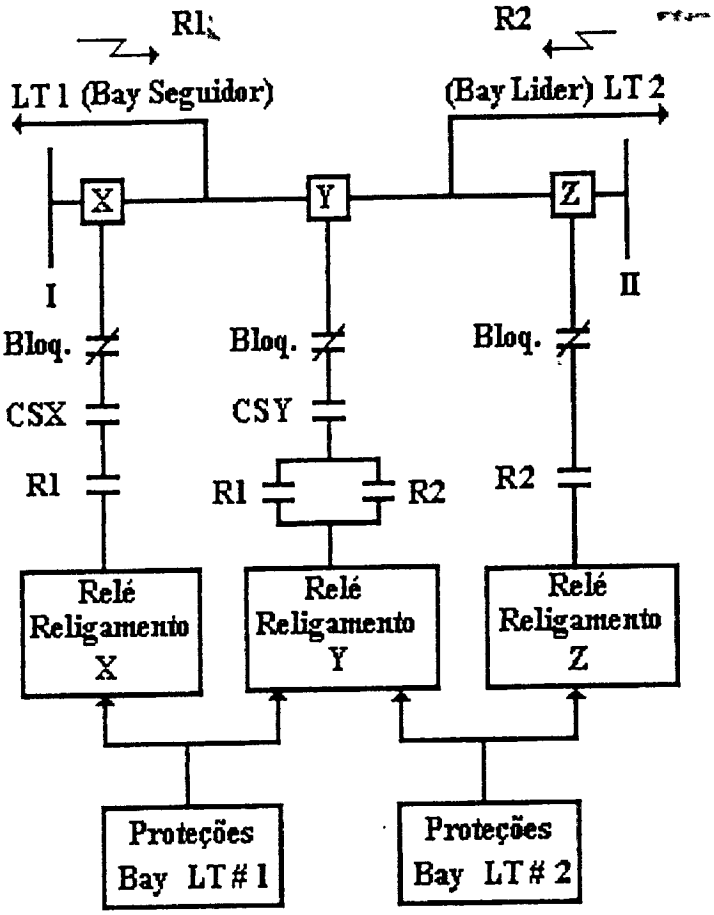


FIGURA 3

CSX / CSY - Relés de check de sincronismo dos disjuntores X e Y.
R1 / R2 - Recepção de sinal das extremidades opostas da LT
bloq. - Bloqueios para o religamento.

⇨ Defeito na LT1 (bay seguidor)

Na ocorrência de um curto-circuito fase-terra na LT1, dar-se-á a seguinte sequência de eventos:

- abertura dos disjuntores X e Y
- excitação dos relés de religamento X e Y
- recepção de sinal da outra extremidade da LT1 (R1)
- energização da LT1 pelo religamento automático da outra extremidade
- verificação do sincronismo pelos relés CSX e CSY
- religamento automático dos disjuntores X e Y

→ Defeito na LT2 (bay lider)

Para a LT2, a sequência de eventos após um curto fase-terra será a seguinte:
- abertura dos disjuntores Y e Z
- excitação dos relés de religamento Y e Z
- recepção de sinal da outra extremidade da LT2 (R2)
- religamento automático do disjuntor Z, energizando a LT
- religamento do disjuntor Y com check de sincronismo (CSY) após o fechamento do disjuntor Z

b) Subestações com um relé de religamento por bay

A figura 4, a seguir, ilustra o princípio de funcionamento para uma configuração de subestação com 'disjuntor e meio', com apenas um relé de religamento por bay.

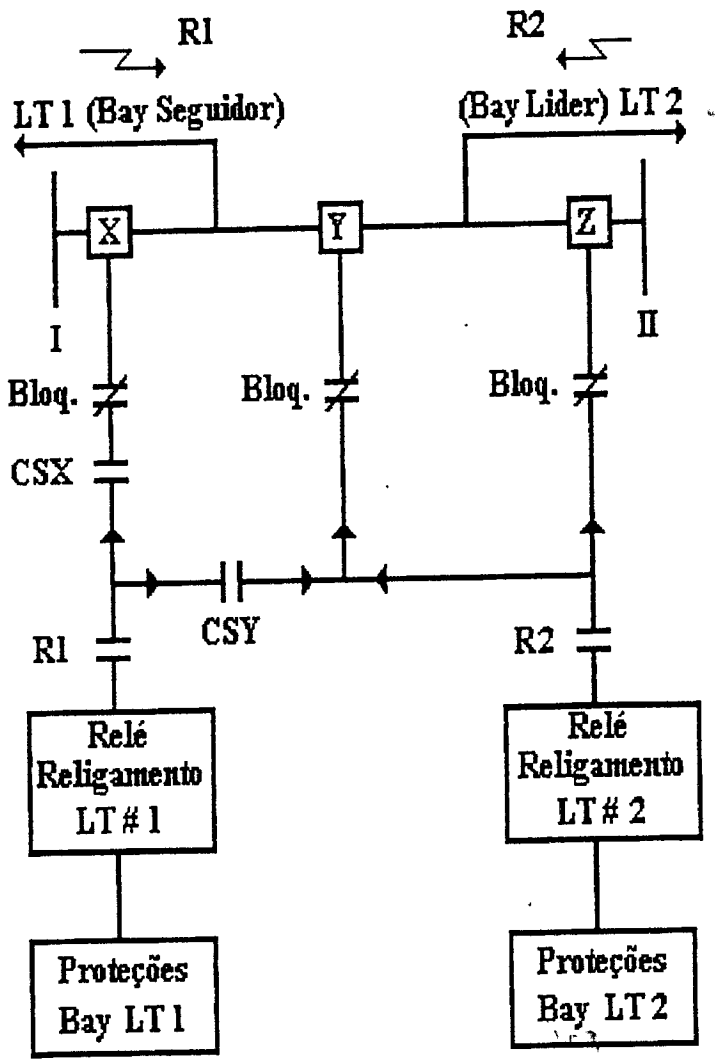


FIGURA 4

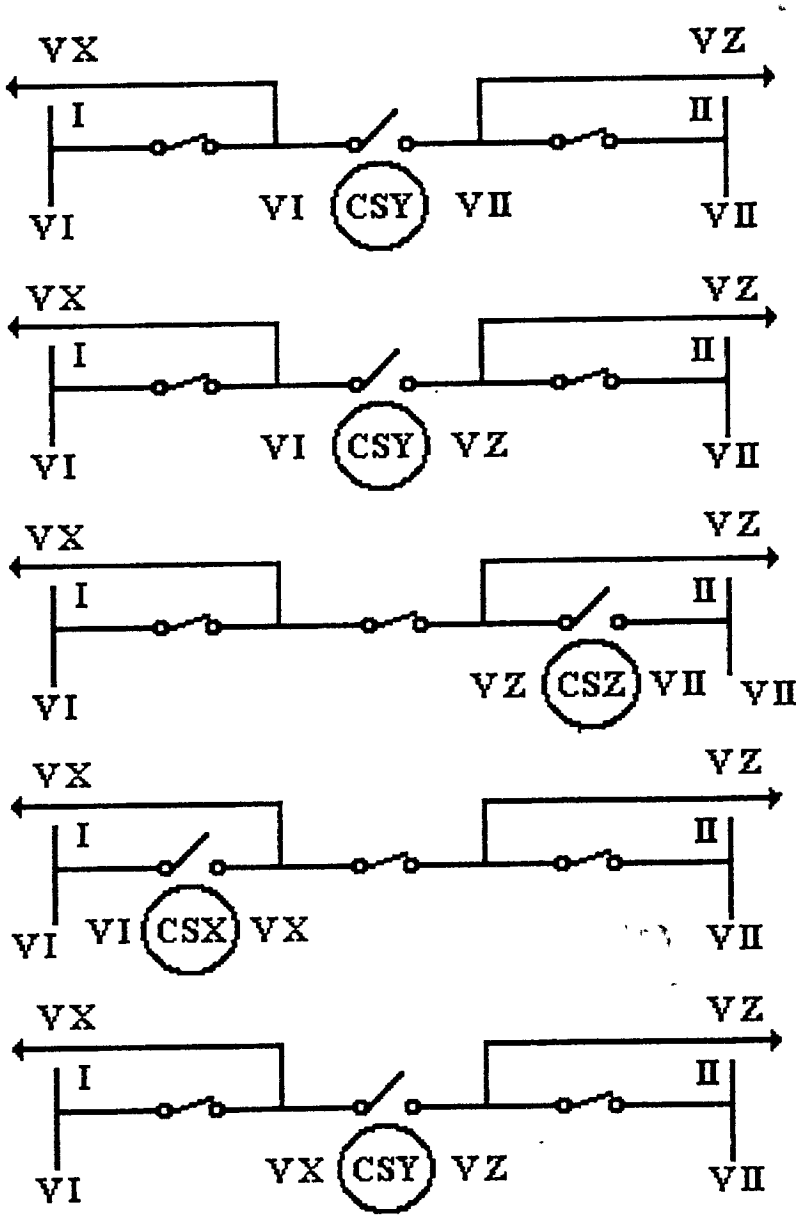
→ Sequência de eventos para defeito fase-terra na LT1 (bay seguidor)

- abertura dos disjuntores X e Y
- excitação do relé de religamento da LT1
- recepção de sinal da outra extremidade da LT (R1)
- energização da LT1 pelo religamento automático da outra extremidade
- verificação do sincronismo pelos relés CSX e CSY
- religamento dos disjuntores X e Y

→ Sequência de eventos para defeito fase-terra na LT2 (bay lider)

- abertura dos disjuntores Z e Y
- excitação do relé de religamento da LT2
- recepção de sinal da outra extremidade da LT (R2)
- religamento automático dos disjuntores Z e Y sem check de sincronismo

c) Esquema de sincronismo para a configuração 'disjuntor e meio' (figura 5)



- disjuntores laterais:

Para o fechamento dos disjuntores laterais, o relé de check de sincronismo (CSX ou CSZ) efetua a comparação da tensão de linha com a da barra correspondente ao disjuntor.

- disjuntor central:

Para o fechamento do disjuntor central, o relé de check de sincronismo (CSY) efetua a comparação de duas tensões que que variam dependendo do estado dos disjuntores laterais, conforme esquematizado na fig.5 acima.

5.3.4.2 - Subestações com configuração de 'disjuntor simples'

A figura 6, abaixo, ilustra o princípio de funcionamento para esse tipo de configuração.

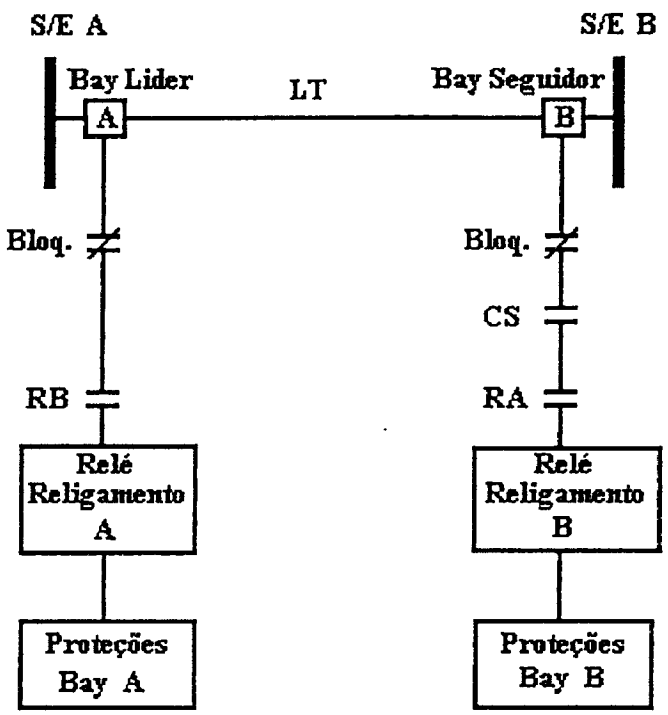


FIGURA 6

Na ocorrência de um curto circuito fase-terra na LT, é a seguinte a sequência de eventos:

- abertura os disjuntores das extremidades A e B da LT
- excitação dos relés de religamento de A e B
- recepção de sinal RB e RA nas subestações A e B, respectivamente
- religamento do disjuntor em A, energizando a LT
- verificação de sincronismo em B
- religamento do disjuntor em B

5.3.5 - Linha de Transmissão com Reatores Shunt

Nas LT's providas de reatores shunt manobráveis através de disjuntor, foi desenvolvido um esquema adicional para inserção automática dos mesmos quando do desligamento da linha por ação das proteções. O referido esquema detecta a ausência de tensão na linha, e quando o reator estiver desligado, promove a sua inserção em tempo inferior àquele ajustado para o religamento automático, de modo a evitar sobretensões quando da energização da LT.

6. DESEMPENHO DO RELIGAMENTO AUTOMÁTICO NA CESP

A seguir é apresentado um sumário do desempenho dos esquemas de Religamento Automático implantados no sistema de transmissão da CESP durante o ano de 1996.

ANO DE 1996					
NIVEL DE TENSÃO		440 KV	138 KV	88 KV	69 KV
TOTAL DE CASOS		37	378	153	202
ESQUEMA	CORRETAS	33	313	140	195
	INCORRETAS	2	4	-	2
	RECUSAS	2	61	13	5
SISTEMA	RAS	20	262	135	171
	RANS	13	51	5	24
	FALHA	4	65	13	7
INDICE P/ ESQUEMA		89,2%	82,8%	91,5%	96,5%
INDICE P/ SISTEMA		54,1%	69,3%	88,2%	84,6%

Obs : Para o nível de tensão de 230 kV, houve durante 1996 apenas uma ocorrência passível de religamento automático (curto circuito fase-terra), com correta atuação do esquema de religamento.

6.1 - Critérios para avaliação do religamento automático.

A análise do desempenho do religamento automático é feita sob dois enfoques :

1. o comportamento do esquema própriamente dito (relés + circuitos auxiliares), e sua filosofia.

2. a eficiência desse esquema para o restabelecimento do sistema elétrico.

A coleta de dados abrange todos os desligamentos automáticos de LT's de origem interna e fugitiva, sendo a análise realizada globalmente para os dois terminais da linha. Não são considerados nos cálculos dos índices os desligamentos das linhas cujo esquema de religamento esteja temporária ou permanentemente bloqueados, ou não instalado, bem como aqueles desligamentos para os quais não se espera a atuação do esquema de religamento.

A classificação do desempenho é feita da seguinte maneira :

a) quanto ao esquema de religamento :

atuação Correta : o esquema atuou dentro de sua função, com o desempenho previsto em sua aplicação.

atuação Incorreta : o esquema atuou fora de sua função, em desacordo com o previsto em sua aplicação.

Recusa de atuação : o esquema não atuou, mesmo havendo condições para tal.

b) quanto à eficiência para o sistema elétrico :

Religamento Automático Satisfatório (RAS) :
é o resultado do fechamento automático de ambos os terminais da LT, sem que haja novo desligamento por um tempo mínimo de 1 minuto.

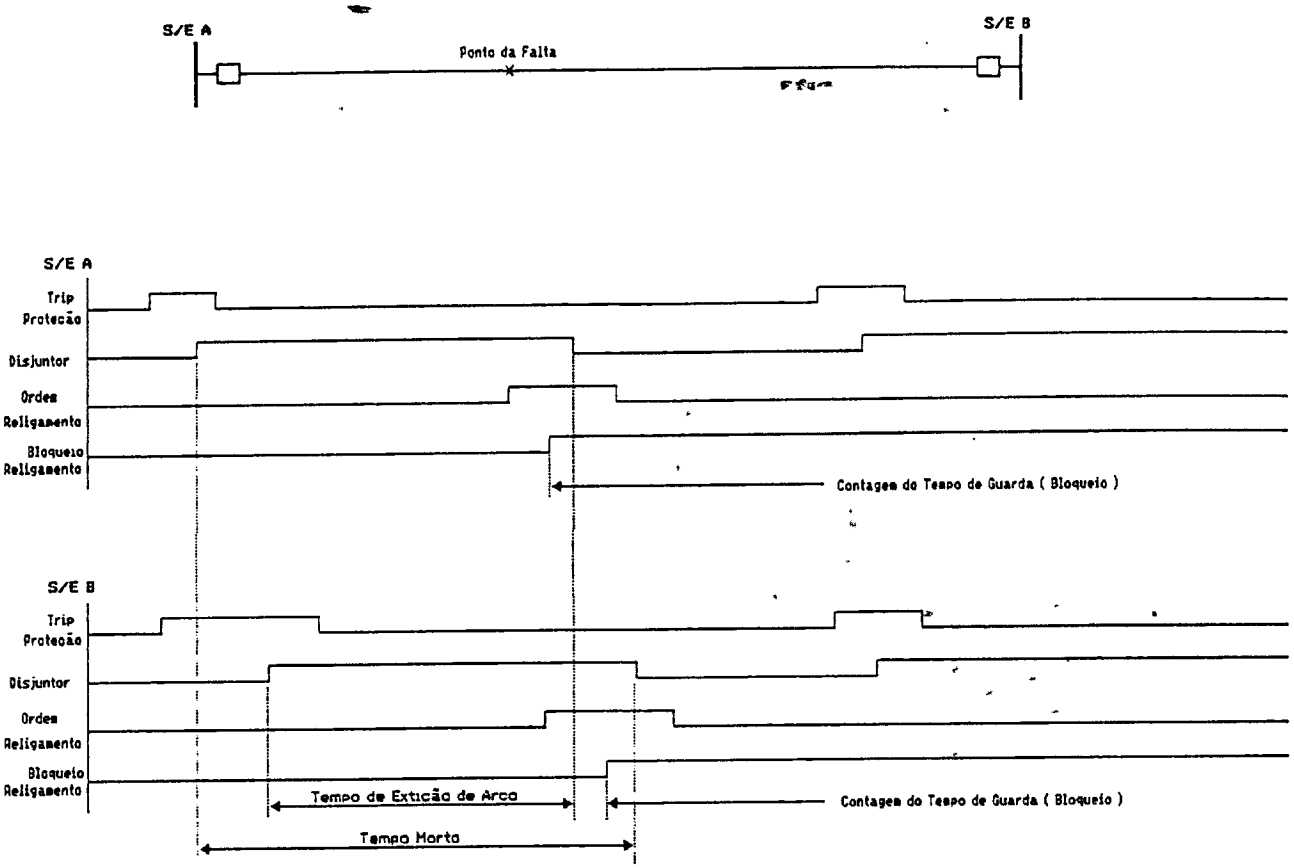
Religamento Automático Não Satisfatório (RANS) :
é o resultado do fechamento automático de ambos os terminais da LT, com novo desligamento em tempo inferior a 1 minuto.

Falha de Religamento :
é o resultado do não fechamento automático de pelo menos um dos terminais da LT, devido a falha no esquema de religamento.

Referências

- Applied Protective Relaying - Westighouse Electric Company.
- Protective Relays Aplication Guide - GEC Measurements
- Relatório Técnico " Esquemas de Religamento Automático em Linhas de Transmissão não Radiais, com Circuito de Supervisão de Garantia" - CESP/GCOI/SCEL/GTP abr/77
- Relatório Técnico " Teleproteção e Religamento Automático Monopolar - Sistema 230 KV" - CESP
- Relatório Técnico TOA/P-013/80 "Religamento Automático Monopolar" - CESP

ANEXO 1



Ciclo de Religamento típico de Linha de Transmissão

- Uma única tentativa de religamento, seguido de bloqueio do esquema para qualquer nova abertura dentro do tempo de guarda.

Tempo de extinção de arco : tempo em que a linha permanece aberta em ambas extremidades.

Tempo Morto : tempo em que pelo menos uma das extremidades da linha está aberta, não havendo portanto transmissão de energia.

Impressão: Gráfica CESP
Ilha Solteira/Setembro/1997

Tiragem: 18 exemplares

GOVERNO DO
ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA
DE ESTADO
DE ENERGIA

CESP
Companhia
Energética de
São Paulo